

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ **Patentschrift**  
⑯ **DE 196 18 573 C 1**

⑯ Int. Cl. 6:  
**F 23 N 5/12**  
F 23 N 1/02  
F 23 D 14/16

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

Stiebel Eltron GmbH & Co KG, 37603 Holzminden, DE

⑯ Erfinder:

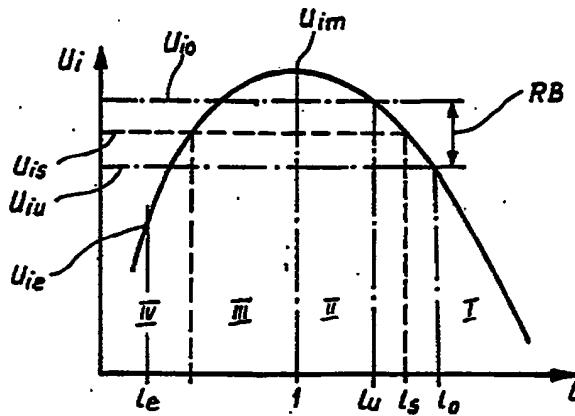
Nolte, Hubert, 37671 Höxter, DE; Herrs, Martin, 37671 Höxter, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 44 33 425 A1  
DE 39 37 290 A1

⑯ Verfahren und Einrichtung zum Betrieb eines Gasbrenners

⑯ Bei einem Verfahren zum Betrieb eines Gasgebläsebrenners wird von einer Regelschaltung ein von einer Ionisationselektrode abgeleitetes Ionisationssignal ( $U_i$ ) erfaßt und das Gas-Luftverhältnis auf einen Lambda-Sollwert  $> 1$  geregelt, dem ein Sollwert ( $U_{is}$ ) des Ionisationssignals entspricht. Um eine emissionsarme Verbrennung bei verschiedenen Betriebszuständen zu gewährleisten, wird ein Regelbereich des Ionisationssignals ( $U_i$ ) festgelegt, dessen oberer Grenzwert ( $U_{io}$ ) kleiner als der Maximalwert des Ionisationssignals ( $U_i$ ) ist und dessen unterer Grenzwert ( $U_{iu}$ ) über dem Wert liegt, der einen emissionsarmen Betrieb gewährleistet. Ein Abschaltsignal für den Brenner wird erzeugt, wenn das Ionisationssignal ( $U_i$ ) länger als eine vorgegebene Zeitdauer den zugelassenen Regelbereich ( $RB$ ) verläßt. Beim Unterschreiten des unteren Grenzwerts ( $U_{iu}$ ) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) und beim Unterschreiten des Sollwerts ( $U_{is}$ ) bei einem Lambdawert  $< 1$  erhöht die Regelschaltung den Gasvolumenstrom bis zu einem Endwert, bei dessen Erreichen ein weiteres Abschaltsignal für den Brenner erzeugt wird.



DE 196 18 573 C 1

DE 196 18 573 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum Betrieb eines Gasbrenners mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1.

Ein derartiges Verfahren ist in der DE 39 37 290 A1 beschrieben. Dort liegt die Ionisationselektrode in einem Gleichstromkreis. Die Auswertung des Ionisationsstroms ist dabei problematisch.

In der DE 44 33 425 A1 ist zur Verbesserung der Auswertbarkeit des über die Ionisationselektrode fließenden Stromes auf diese eine Wechselspannung aufgeschaltet, der sich ein vom Strom der Ionisationselektrode abhängiger Gleichspannungsanteil überlagert. Es wird daraus eine Ionisationsspannung abgeleitet, die ein ausreichend genaues Abbild der jeweiligen Flammentemperatur und der Luftzahl Lambda (Gas-Luftverhältnis) ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren und eine Einrichtung der eingangs genannten Art vorzuschlagen, um eine emissionsarme Verbrennung bei verschiedenen Betriebszuständen zu gewährleisten.

Erfindungsgemäß ist obige Aufgabe durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 gelöst. Es ist dadurch erreicht, daß der Gasbrenner zumindest im Wobbezahlbereich von Erdgas (10 kWh/m<sup>3</sup> bis 15,6 kWh/m<sup>3</sup>) emissionsarm betrieben werden kann.

Außerdem ist erreicht, daß die Regelung die vom mit dem Gasbrenner arbeitenden Gasheizgerät zu erbringende Soll-Wärmeleistung nicht unerwünscht beeinflußt so daß das Gasheizgerät den Wärmebedarf mit der angeforderten Wärmeleistung decken kann.

Die Merkmale der Unteransprüche betreffen weitere Verbesserungen des Betriebsverfahrens bei verschiedenen Betriebszuständen und eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Sie sind in der folgenden Beschreibung erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 einen Regelkreis eines Gasgebläsebrenners für ein Gasheizgerät schematisch,

Fig. 2a eine Schaltung zur Gewinnung der Ionisationsspannung mit Ersatzschaltbild der Ionisationselektrode,

Fig. 2b zugehörige Spannungsverläufe,

Fig. 3 die Ionisationsspannung in Abhängigkeit von der Luftzahl Lambda,

Fig. 4 ein Gas-Zeitdiagramm beim Brennerstart,

Fig. 5a ein Regeldiagramm für ein höher- und niederkalorisches Gas,

Fig. 5b ein Regeldiagramm bei einer niederen und höheren Heizleistung,

Fig. 6 eine Regelkennlinie,

Fig. 7 ein Diagramm einer Luftzahlsteuerung bei einem sehr niederkalorischen Gas,

Fig. 8 Zeitdiagramme beim Start eines Kalibriervorgangs.

An einen Brenner (1) eines Gasheizgeräts sind ein Gebläse (2) und eine Gasleitung (3) angeschlossen, in der ein Gasmagnetventil (4) oder ein anderes Gasregelventil liegt. Im Flammenbereich des Brenners (1) ist eine Ionisationselektrode (5) angeordnet, die an einer Auswerteschaltung (6) für den im Brennerbetrieb zwischen dem Brenner (1) und der Ionisationselektrode (5) fließenden Strom angeschlossen ist. Die Auswerteschaltung (6) weist insbesondere einen an der Netzwechselspannung liegenden Kondensator (C) und einen Widerstand (R) auf. Die Auswerteschaltung (6) bildet aus dem von der Verbrennung abhängigen Ionisationsstrom eine Ionisationsspannung (Ui), die an eine Regelschaltung (7)

gelegt ist. Die Auswerteschaltung (6) kann auch in die Regelschaltung (7) integriert sein.

Die Regelschaltung (7) steuert mittels eines Steuersignals (J), speziell Steuerstroms, den Öffnungsgrad des Gasmagnetventils (4). Zur Spannungsversorgung liegt an der Regelschaltung (7) die Netzwechselspannung. Sie erfäßt auch die Netzfrequenz und die Net zamplitude. Die Regelschaltung (7) ist beispielsweise durch einen digitalen PI-Regler, z. B. Mikroprozessor, verwirklicht.

10 Zur zwei- oder mehrstufigen Steuerung der Gebläse-drehzahl ist ein Steuerautomat (9) vorgesehen, wie er beispielsweise unter dem Handelsnamen "Furimat" marktbekannt ist. Mittels des Steuerautomaten (9) ist ein Sicherheitsventil (10) ein- und ausschaltbar, wogen mit dem Gasmagnetventil (4) der Gasvolumenstrom stufenlos einstellbar ist. An den Steuerautomaten (9) ist ein Sollwertgeber (8) angeschlossen, der ein von einer Soll-Raumtemperatur und/oder einer Heizungsvorlauf-temperatur und einer Außentemperatur abhängiges Signal an den Steuerautomaten (9) legt.

15 Zur Gasleitung (3) liegt ein Gasdruckwächter (11), der über den Steuerautomaten (9) den Brennbetrieb bei ungenügendem Gasdruck abschaltet. In Reihe zum Gasdruckwächter (11) ist in die Regelschaltung (7) ein Abschalter (12) integriert, der im Falle der unten näher beschriebenen Regelabschaltungen und der Störabschaltungen den Brennbetrieb über den Steuerautomaten (9) unterbricht.

20 Über eine Leitung (13) gibt der Steuerautomat (9) bei jedem Einschalten einen Zündimpuls an eine Zündelektrode (14) des Brenners (1). Zur Flammenüberwachung ist die Ionisationselektrode (5) an den Steuerautomaten (9) gelegt (Leitung 15). Am mit der Netzspannung betriebenen Sicherheitsventil (10) ist diese abgegriffen und an die Regelschaltung (7) gelegt (Leitung 16). Ein Drehzahlkontrollsignal des Gebläses (2) liegt über eine Leitung (17) an dem Steuerautomaten (9) und der Regelschaltung (7).

25 30 Die Auswerteschaltung (6), die Regelschaltung (7) und der Steuerautomat (9) können auch in einem einzigen Schaltgerät integriert sein.

35 30 Die Einrichtung nach Fig. 1 ist vorteilhaft, weil der bewährte Steuerautomat (9) mit seinen Steuer- und Sicherheitsfunktionen für den Brenner (1) und das Gebläse (2) weiterverwendet werden kann. Die Regelschaltung (7) braucht nur das Gasmagnetventil (4) zu steuern. Die von ihr erzeugten Abschaltsignale werden von dem Steuerautomaten (9) ausgewertet. Es ist dabei möglich, schon bestehende, den Steuerautomaten (9) aufweisende Gasheizgeräte mit der Regelschaltung (7) nachzurüsten.

40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 891

können in der Auswerteschaltung (6) oder in der Regelschaltung (7) vorgesehen sein. Zusätzlich kann vorgesehen sein, die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) entsprechend einer eventuellen Abweichung der Netzwechselspannung vom Normwert (230 V) zu korrigieren. Die Verwendung der Netzwechselspannung an der Auswerteschaltung (6) ist günstig, weil die Netzwechselspannung ohnehin vorliegt. Es könnte jedoch auch eine andere ausreichend große Wechselspannung verwendet werden.

Fig. 3 zeigt den Verlauf der Ionisationsspannung in Abhängigkeit von der Luftzahl Lambda ( $\lambda$ ) des Verbrennungszustandes. Bei stöchiometrischer Verbrennung ( $\lambda = 1$ ) tritt ein Maximum ( $U_{im}$ ) der Ionisationsspannung ( $U_i$ ) auf. Bei unterstöchiometrischer Verbrennung ( $\lambda < 1$ ) und bei überstöchiometrischer Verbrennung ( $\lambda > 1$ ) sinkt die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) ab. Für eine emissionsarme Verbrennung ist ein Lambda-Sollwert ( $\lambda_s > 1$ ) zwischen 1,1 und 1,35, beispielsweise 1,15, erwünscht. Dem entspricht ein Ionisationsspannungs-Sollwert ( $U_{is}$ ) (vgl. Fig. 3).

Es wird in der Regelschaltung (7) ein zugelassener Regelbereich (RB) für die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) mit einem oberen Grenzwert ( $U_{io}$ ) und einem unteren Grenzwert ( $U_{iu}$ ) vorgegeben. Der obere Grenzwert ( $U_{io}$ ) liegt unterhalb des Maximalwerts ( $U_{im}$ ). Der untere Grenzwert ( $U_{iu}$ ) liegt oberhalb des Endwertes ( $U_{ie}$ ), welcher sich einstellt, wenn der Lambdawert ( $\lambda$ ) sehr viel kleiner als 1 ist, das Luft-Gasmisch also wegen maximaler Gaszufuhr bzw. minimaler Luftzufuhr so fett ist, daß die Verbrennung nicht mehr emissionsarm ist.

Die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) wird in sehr kurzen Zeitabständen, beispielsweise alle 50 bis 1000 ms, vorzugsweise etwa 100 ms, neu erfaßt. Es ist damit erreicht, daß die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) nie lange außerhalb des Regelbereichs (RB) liegen kann, wodurch über jeden Verbrennungsvorgang gesehen eine emissionsarme Verbrennung gewährleistet ist. Im Normalbetrieb bewegen sich die Werte der Ionisationsspannung ( $U_i$ ) im zugelassenen Regelbereich, also zwischen  $U_{io}$  und  $U_{iu}$ , so daß der Lambdawert ( $\lambda$ ) entsprechend im Bereich ( $\lambda_0$  bis  $\lambda_u$ ) auf den Lambdasollwert ( $\lambda_s$ ) geregelt wird.

Wird der Ionisationsspannungs-Sollwert ( $U_{is}$ ) unterschritten, dann öffnet die Regelschaltung (7) über das Steuersignal (J) das Gasmagnetventil (4) weiter, wodurch die Verbrennung in Richtung des Lambdasollwerts ( $\lambda_s$ ) gesteuert wird. Wird der Ionisationsspannungs-Sollwert ( $U_{is}$ ) überschritten, dann steuert die Regelschaltung (7) das Gasmagnetventil (4) so an, daß die Gaszufuhr reduziert wird, wodurch der Lambdawert wieder zum Lambdasollwert ( $\lambda_s$ ) geregelt wird. Dies gilt für den Regelbereich (RB) und auch für Verbrennungszustände außerhalb des Regelbereichs (RB).

Wird der untere Grenzwert ( $U_{iu}$ ) der Ionisationsspannung ( $U_i$ ) infolge eines Lambdawertes, der größer ist als  $\lambda_0$ , unterschritten, dann wird von der Regelschaltung (7) ein Zeitgeber aktiviert, der auch in der Regelschaltung selbst verwirklicht sein kann. In diesem Bereich I in Fig. 3 wird das Gasmagnetventil (4) weiter geöffnet, um wieder den Lambdasollwert ( $\lambda_s$ ) zu erreichen. Kommt die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) innerhalb der vom Zeitgeber vorgegebenen Zeitspanne, beispielsweise 3 s bis 10 s, insbesondere 5 s, wieder in den Regelbereich (RB), dann geschieht nichts Weiteres. Der Brenner (1) läuft weiter und der Zeitgeber wird zurückgesetzt. Erreicht jedoch die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) in dieser Zeitspanne den Regelbereich nicht wieder, dann wird durch Öffnen des Abschalters (12) ein Abschaltsignal für den Brenner (1) erzeugt. Es erfolgt eine Regel-

abschaltung des Brenners (1). Der Brenner (1) wird eine kurze Zeit nach der Regelabschaltung, beispielsweise 5 bis 50 s, erneut gestartet. Tritt dann mehrmals, beispielsweise dreimal nacheinander, eine solche Regelabschaltung auf, dann wird der Brenner (1) nicht mehr automatisch neu gestartet, sondern es wird eine Störabschaltung durch Offenhalten des Abschalters (12) durchgeführt und angezeigt, die sich nur durch einen besonderen Eingriff von außen aufheben läßt.

10 Sinkt die Luftzahl Lambda ( $\lambda$ ) so weit ab, daß die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) größer wird als der obere Grenzwert ( $U_{io}$ ) des Regelbereichs (RB), dann wird wieder der Zeitgeber aktiviert und das Steuersignal (J) (Modulationsstrom) für das Gasmagnetventil (4) so verändert, daß der Gasvolumenstrom bzw. der Gasdruck reduziert wird, um wieder den Lambdasollwert ( $\lambda_s$ ) zu erreichen. Dies geschieht im Bereich II und III der Fig. 3. Die Ausregelung bei  $U_i > U_{is}$  erfolgt aufgrund der weiter unten näher beschriebenen Regelkennlinie (vgl. Fig. 6) schneller als bei  $U_i < U_{is}$ . Bei  $U_{im}$  liegt die höchste Empfindlichkeit und damit schnellste Ausregelgeschwindigkeit. Die Luftzahl kann also nur kurz  $< \lambda_{is}$  bzw.  $< 1$  sein.

25 Wird jedoch die vom Zeitgeber vorgegebene Zeitdauer überschritten, dann tritt wieder ein Abschaltsignal für den Brenner auf. Dieser wird nach einer Verzögerungszeit erneut gestartet und wie oben beschrieben erfolgt wenn das Abschaltsignal dann wieder auftritt, eine Störabschaltung.

30 Wird aufgrund irgendwelcher Verhältnisse die Luftzahl  $\lambda$  soviel  $< 1$ , daß im Bereich IV die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) den Sollwert ( $U_{is}$ ) unterschreitet, dann hat dies – wie im Bereich I – eine Änderung des Steuersignals (J) zur Folge, durch die das Gasmagnetventil (4) 35 weiter geöffnet wird, so daß die Luftzahl noch kleiner wird. Die Regelschaltung arbeitet nun mitkoppelnd (vgl. Bereich IV in Fig. 3). Aufgrund der hohen Abtastperiode (100 ms) und der regelungstechnischen Mitkopplung der Erfassung der Ionisationsspannung wird sehr schnell der Endwert ( $\lambda_e$ ) der Luftzahl ( $\lambda$ ) bzw. der Endwert ( $U_{ie}$ ) der Ionisationsspannung bzw. der Maximalwert des Steuersignals (J) erreicht, wobei das Gasmagnetventil (4) voll geöffnet ist. Ist der Maximalwert des Steuersignals erreicht, dann erfaßt dies die Regelschaltung (7) 45 und aktiviert ein Abschaltsignal für den Brenner. Dieses muß den Brenner nicht sofort abschalten. Es genügt auch, wenn der Brenner erst mit einer durch einen weiteren Zeitgeber vorgegebenen Verzögerungszeit, beispielsweise 5 s, abgeschaltet wird. Dies ist aus folgendem Grunde günstig:

50 Es ist nicht ausgeschlossen, daß das Gasmagnetventil (4) bei der Erhöhung des Modulationsstroms (J), der das Steuersignal ist, zunächst klemmt, so daß zwar der Modulationsstrom seinen Maximalwert annimmt, jedoch das Gasmagnetventil noch nicht weiter öffnet.

Innerhalb der Verzögerungszeit hat das Gasmagnetventil (4) Zeit, anzulaufen, wobei, wenn es dies tut, ein unnötiges Abschalten des Brenners vermieden ist.

55 Entsprechend wird auch das Auftreten des Minimalwerts des Steuersignals (J) elektronisch erfaßt und für eine Regelabschaltung ausgewertet. Dadurch wird ein Abschalten des Brenners (1) gewährleistet, wenn zwar der Minimalwert des Steuersignals (J) erreicht ist, jedoch das Gasmagnetventil (4) aus irgendwelchen Gründen nicht schließt.

60 In der Regelschaltung (7) ist eine Startgas-Rampe vorgegeben (vgl. Fig. 4), nach der in einer Sicherheitszeit ( $T$ ) durch Ansteuerung des Gasmengenventils (4)

bei jedem Start des Brenners (1) der Gasdruck bzw. der Gasvolumenstrom von pmin stetig auf pmax erhöht wird. pmin und pmax sind so bemessen, daß bei jeder Wobbezahl der betreffenden Gasfamilie, beispielsweise Erdgas, der Brenner sicher startet.

Bei jedem Brennerstart läuft zunächst das Gebläse (2) auf eine konstante Drehzahl an. Nach einer Vorspülzeit für den Brennraum wird zum Zeitpunkt (t0) das Gasmagnetventil (4) zunehmend geöffnet. Bei einem höherkalorischen Gas ist zum Zeitpunkt (t1) (Gas 1) das optimale Gas-Luftgemisch erreicht, so daß die Zündung erfolgt. Die entsprechende Gasmagnetventilstellung bleibt zum Ende der Sicherheitszeit (T) aufrechterhalten. Erst danach setzt die oben beschriebene Regelung ein. Bei einem niederkalorischen Gas ist das zündfähige Gemisch beispielsweise erst zum Zeitpunkt (t2) erreicht. Es erfolgt dann die Zündung und diese Gasmagnetventilstellung wird bis zum Ende der Sicherheitszeit (T) beibehalten. Bei jeder Wobbezahl des jeweiligen Gases ist also die Zündung gewährleistet.

Die Regelschaltung (7) arbeitet als, vorzugsweise digitaler, PI-Regler, der die Ionisationsspannung mit einer Abtastperiode von beispielsweise den oben genannten 100 ms erfaßt und mit gleicher Frequenz den jeweils neuen Wert für das Steuersignal (J) berechnet. Die jeweilige Steuersignaländerung (dJ) setzt sich aus der durch den I-Regelanteil verursachten Änderungen und dem gegenüber dem jeweils letzten Stellwert geänderten P-Regelanteil zusammen.

Bei einer bestimmten gewünschten Leistung des Brenners wird bei einem höherkalorischen Gas bei gleichem Ionisationsspannungs-Sollwert (Uis) (Gas 1 in Fig. 5a) ein kleineres Stellsignal (J1) erforderlich als bei einem niederkalorischen Gas (Gas 2 in Fig. 5a). Beim niederkalorischen Gas ist für Uis das höhere Steuersignal (J2) nötig (vgl. Fig. 5a). Dies berücksichtigt die Regelschaltung.

Ähnlich liegen die Verhältnisse auch, wenn der Brenner (1) in einer Leistungsstufe (S1) höherer Leistung und in einer Leistungsstufe (S2) kleinerer Leistung durch entsprechende Einstellung der Gebläsedrehzahl betrieben werden soll (vgl. Fig. 5b). Die Regelschaltung (7) erfaßt die Gebläsedrehzahl oder ermittelt die Last aus der Stellung des angeschlossenen Gasmagnetventils (4) über die Leitung (17) und stellt bei gleichem Ionisationsspannungs-Sollwert (Uis) in der größeren Leistungsstufe (S1) höhere Werte des Stellsignals (J) ein als in der niedrigeren Leistungsstufe (S2) (vgl. Fig. 5b).

Fig. 6 zeigt die Steuersignaländerung (dJ) in Abhängigkeit von der Regelabweichung (d) der jeweiligen Ionisationsspannung (Ui) von der Ionisationssollspannung (Uis). Es ist ersichtlich, daß bei gleich großen positiven und negativen Regelabweichungen (d) die Steuersignaländerung (dJ) bei positiven Regelabweichungen (oberhalb dp1) größer ist als bei gleichen negativen Regelabweichungen (unterhalb dn1). Fig. 6 zeigt auch, daß der P-Regelanteil erst ab einer bestimmten positiven bzw. negativen Regelabweichung (dp1, dn1) aktiv wird. Zwischen den Regelabweichungen (dn1 und dp1) erfolgt keine Steuersignaländerung (dJ). Dadurch ist gewährleistet, daß das Steuersignal (J) bei den unumgänglichen Streuungen der Meßwerte der Ionisationsspannung (Ui) nicht ständig geändert wird und damit auch das Gasmagnetventil (4) nicht bei jeder auch noch so kleinen oder noch so kurzen Regelabweichung, die auf den emissionsarmen Betrieb des Brenners praktisch ohne Einfluß ist, verstellt wird.

Der P-Regelanteil ist in Fig. 6 punktiert dargestellt.

Der I-Regelanteil ist mit durchgezogener Linie ange deutet. Bei negativen Regelabweichungen führt der I-Regelanteil zu einer längeren Nachstellzeit als bei positiven Regelabweichungen.

- 5 Dem Modulationsstrom (J) wird ein Wechselstrom, beispielsweise mit der Netzfrequenz von der Regelschaltung (7) überlagert. Die Amplitude des überlager ten Wechselstromanteils ist wesentlich kleiner als das Steuersignal (J) als solches, das beispielsweise zwischen 30 mA und 150 mA liegt. Durch den überlagerten Wechselstromanteil wird die durch den mechanischen Aufbau des Gasmagnetventils (4) bedingte Ventil-Hysterese verringert, so daß das Gasmagnetventil (4) auf Steuersignaländerungen (dJ) in beiden Richtungen schnell anspricht.

- 10 Wird dem Brenner ein nur sehr niederkalorisches Gas geliefert und läßt sich die Gebläsedrehzahl nicht absenken, um den Vollastbetrieb aufrechtzuerhalten, dann kann es selbst bei maximaler Öffnung des Gasmagnet ventils (4) bzw. maximalem Steuersignal (J) dazu kom men, daß die Verbrennung abgeschaltet wird. Um dies zu vermeiden, also den Heizbetrieb aufrechtzuerhalten, wird für eine begrenzte Zeit ein höherer Wert der Luft zahl zugelassen. Dementsprechend erniedrigt die Regelschaltung für begrenzte Zeit den Ionisationsspannungs Sollwert (Uis). Die Verhältnisse sind in der Fig. 7 darge stellt. In der Regelschaltung (7) sind Schwellwerte (J1, J2) für das Steuersignal (J) vorgegeben. Tritt beim Ionisationsspannungs-Sollwert (Uis) niederkalorisches Gas auf, das zu einer Regelabschaltung der Verbrennung führen kann, dann vergrößert die Regelschaltung (7) zunächst das Steuersignal (J) in der beschriebenen Wei se, um die Gaszufuhr entsprechend zu erhöhen. Wird jedoch der obere Schwellwert (J1) erreicht, dann erniedrigt die Regelschaltung (7) den Ionisationsspannungs Sollwert auf Uis (a in Fig. 7). Damit ist zwar eine geringfügige Erhöhung des Lambda-Werts verbunden, es ist jedoch sichergestellt, daß der Brenner (1) weiter brennt. Das Steuersignal (J) wird sich dann wieder in Richtung des unteren Schwellwerts (J2) verkleinern, wenn das Gas nicht noch niederkalorisches wird (Pfeil b in Fig. 7), was zu einer Regelabschaltung oder zu einer Störabschaltung führen würde. Wird dann der untere Schwellwert (J2) erreicht, dann schaltet die Regelschaltung (7) (vgl. c in Fig. 7) wieder auf den ursprünglichen Ionisationsspannungs-Sollwert (Uis) zurück.

- 45 Im Betrieb können sich die Zusammenhänge zwischen der Ionisationselektrode (5) und dem vom Gasmagnetventil (4) eingestellten Gasstrom, beispielsweise durch Verbrennungsrückstände an der Ionisationselektrode (5) und/oder deren Verbiegen und/oder Verschleiß oder Ablagerungen im Gasmengenventil (4), verschieben. Es ist deshalb in die Regelschaltung (7) eine Kalibrierfunktion integriert. Die Kalibrierfunktion wird in regelmäßigen Intervallen, durch einen Ereigniszähler, beispielsweise Zähler der Ein- oder Abschaltvorgänge, oder durch einen Betriebsstundenzähler aktiviert. Während der Kalibrierung ist die beschriebene Regelfunktion abgeschaltet. Die Kalibrierung erfolgt vorzugsweise bei sich nicht ändernder Drehzahl des Gebläses (2), um den Einfluß des Gebläses (2) auf die Verbrennung zu unterdrücken. Günstig ist es, die Kalibrierung bei einer mittleren Drehzahl durchzuführen, um während der Kalibrierung nicht an Modulationsgrenzen des Steuersignals (J) zu stoßen. Die Kalibrierung kann auch während des Umschaltens des Gebläses (2) von der einen Leistungsstufe auf die andere Leistungsstufe erfolgen, da die Drehzahländerung im Vergleich zum Kalibriervor-

gang langsam ist, so daß die Drehzahl während des Kalibrierorgangs quasi konstant ist.

Der Kalibrierorgang wird zum Zeitpunkt (t1) (vgl. Fig. 8) vom Ereignis- oder Betriebsstundenzähler beim Übergang von der Vollaststufe auf die Teillaststufe des Gebläses (2) gestartet, wenn der abnehmende Modulationsstrom (J) einen niedrigen Wert ( $J_k$ ) erreicht. Dieser Wert wird von der Regelschaltung abgespeichert; Es wird dann von der Regelschaltung (7) der Modulationsstrom (J) und damit über das Gasmagnetventil (4) die Gaszufuhr erhöht, wodurch die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) entsprechend ansteigt. Zum Zeitpunkt (t2) erreicht die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) einen vorbestimmten Wert, beispielsweise 0,9 Uimax. Die Zeitspanne (t1 bis t2) dient dem Anfahren der Vorerwärmung der Ionisationselektrode (5). Ab dem Zeitpunkt (t2) wird bis zum Zeitpunkt (t3) der Modulationsstrom (J) konstant gehalten. In dieser Zeitspanne (t2 bis t3) erhitzt sich die Ionisationselektrode (5) auf eine stabile Temperatur und gewährleistet dadurch reproduzierbare Meßwerte.

Nach dem Zeitpunkt (t3) wird der Modulationsstrom (J) von der Regelschaltung (7) so weiter erhöht, daß der Maximalwert (Uimax) der Ionisationsspannung ( $U_i$ ) überfahren wird. Dieser — neue — Maximalwert (Uimax) und/oder die sich in der Zeitspanne (t3 bis t4) ergebenden Meßwerte wird/werden zur Weiterverarbeitung im Kalibrierorgang gespeichert.

Der Modulationsstrom (J) wird weiter erhöht bis die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) wieder um etwa 10% unter dem Uimax-Wert liegt, was in Fig. 8 zum Zeitpunkt (t4) der Fall ist. In der Zeitspanne (t3 bis t4) ist der Lambda-wert der Verbrennung an sich ungünstig, was jedoch nicht ins Gewicht fällt, da diese Zeitspanne höchstens wenige Sekunden dauert.

Nach dem Zeitpunkt (t4) schaltet die Regelschaltung (7) unter Einbeziehung des zuvor gespeicherten Modulationsstromes (JK) wieder auf den oben beschriebenen Regelvorgang zurück. Dieser setzt ein, wenn sich beim Zeitpunkt (t5) die Ionisationsspannung ( $U_i$ ), der Modulationsstrom (J) und der Gasdruck (p) stabilisiert haben.

Aus dem gespeicherten — neuen — Maximalwert der Ionisationsspannung bzw. aus den in der Zeitspanne (t3 bis t4) gewonnenen Meßwerten leitet die Regelschaltung (7) einen entsprechend angepaßten neuen Sollwert für die Ionisationsspannung ( $U_{is}$ ) ab.

Aufgrund der genannten kurzen Abtastperiode der Regelschaltung (7) wird sich auch in der Zeitspanne (t3 bis t4) eine Serie von Meßwerten ergeben. Gegenüber den übrigen Meßwerten der Serie stark abweichende Meßwerte werden unterdrückt, weil sie auf externen elektrischen Störimpulsen beruhen können.

Um den Einfluß von nur vorübergehend auftretenden, zwar ungewöhnlichen, aber noch tolerierbaren Kalibrier-Meßwertserien zu vermindern, kann eine Mittelwertbildung zwischen der neuen Meßwertserie und den Meßwertserien vorhergehender Kalibrierorgänge vorgenommen werden.

Bevor mit dem neuen Kalibrierwert, der aus dem neuen Maximalwert der Ionisationsspannung oder aus der Meßwertserie abgeleitet sein kann, tatsächlich eine Neukalibrierung des Sollwertes der Ionisationsspannung ( $U_{is}$ ) vorgenommen wird, werden zwei Übergabekriterien von der Regelschaltung (7) geprüft.

Das erste Übergabekriterium erfaßt eine plötzliche Veränderung aller Komponenten des Regelkreises. Es ist erfüllt, wenn die Abweichung des neuen Kalibrierwertes von den früheren Kalibrierwerten ausreichend klein ist.

Das zweite Übergabekriterium erfaßt eine "schleichende Drift" des Systems (Brenner-Regelung), das bei Abweichung von den herstellerseitig vorgesehenen Werten ausreichend klein ist.

5 Nur wenn beide Übergabekriterien erfüllt sind, wird der Brennerbetrieb mit der Neukalibrierung fortgesetzt. Ist eines der Übergabekriterien nicht erfüllt, dann wird der Brennerbetrieb zunächst durch eine Regelabschaltung und nach mehrmaliger Wiederholung durch eine Störabschaltung unterbrochen.

Die Abschaltvorgänge des Brenners (1) sind zusammenfassend folgende:

Der Steuerautomat (9) schaltet das Sicherheitsventil (10) und das Gebläse (2) in Abhängigkeit vom Wärmebedarf und dem Gasdruck in üblicher Weise ("normale Regelabschaltung").

Die Regelschaltung (7) führt durch zeitbeschränktes Öffnen des Abschalters (12) eine Regelabschaltung durch, wenn

20 a) im Regelvorgang der Regelbereich (RB) bei positiven oder negativen Regelabweichungen länger als eine vorbestimmte Zeit, beispielsweise 5 s, verlassen wird oder

25 b) im Regelvorgang der Maximalwert oder der Minimalwert des Steuersignals (J) länger als eine vorbestimmte Zeit, beispielsweise 5 s, erreicht ist oder

c) sich im Kalibrierorgang die Ionisationsspannung ( $U_i$ ) während der Vorwärmzeit (t2 bis t3) der Ionisationselektrode (5) stark ändert oder

d) im Kalibrierorgang der Maximalwert des Steuersignals (J) erreicht wird oder

e) im Kalibrierorgang das erste oder zweite Übergabekriterium nicht erfüllt wird.

35 Nach einer Regelabschaltung schaltet der Steuerautomat (9) den Brenner (1) erneut ein.

Die Regelschaltung (7) führt zu einer nur durch besondere Maßnahmen behebbaren Störabschaltung, beispielsweise durch dauerhaftes Öffnen des Abschalters (12), wenn

40 f) eine mehrmalige, beispielsweise dreimalige Regelabschaltung nach a erfolgte oder

45 g) eine mehrmalige, beispielsweise dreimalige Regelabschaltung nach b erfolgte oder

h) eine mehrmalige, beispielsweise dreimalige Regelabschaltung nach c, d, e erfolgte.

50 Die mehrmaligen Regelabschaltungen werden durch Zähler erfaßt. Die Zähler für die Regelabschaltung a, b, bzw. Störabschaltungen f, g, werden durch jede "normale Regelabschaltung" des Steuerautomaten (9) zurückgesetzt. Der Zähler für die Regelabschaltungen c, d, e, bzw. Störabschaltung h, wird bei einer gültigen Kalibrierung zurückgesetzt.

Die Störabschaltung kann auch dadurch eingeleitet werden, daß die Regelschaltung (7) das Gasmagnetventil (4) mittels des Minimalwerts des Steuersignals (J) schließt. Der Kontakt des Gasdruckwächters (11) bleibt dabei zunächst geschlossen. Der Steuerautomat (9) stellt dann über die Leitung (15) ein Erlöschen der Brennerflamme fest, worauf er das Sicherheitsventil (10) schließt. Der Steuerautomat (9) versucht dann den Brenner (1) erneut zu zünden, wobei das Sicherheitsventil (10) an Netzspannung gelegt wird, die dadurch über die Leitung (16) auch der Regelschaltung (7) übermittelt wird. Der Zündversuch kann jedoch nicht gelingen, weil

das Gasmagnetventil (4) geschlossen ist. Nach mehreren, beispielsweise vier, vergeblichen Zündversuchen, geht der Steuerautomat (9) auf "Störung" und meldet "keine Zündung möglich".

Die Regelschaltung (7) zählt die Zündversuche des Steuerautomaten (9) und öffnet dann nach einer gewissen Zeit, beispielsweise 10 s nach dem Ende des vierten Versuchs, den Abschalter (12), so daß der Steuerautomat (9) nun zur Sicherheit auch das Sicherheitsventil (10) schließt. Es ist damit eine hohe Betriebssicherheit erreicht, wobei die im Steuerautomaten (9) vorhandenen Sicherheitsmerkmale ausgenutzt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Gasbrenners, insbesondere Gasgebläsebrenners (1), wobei von einer Regelschaltung (7) ein von einer im Flammenbereich angeordneten Ionisationselektrode (5) abgeleitetes Ionisationssignal ( $U_i$ ) erfaßt wird, und das Gas-Luftverhältnis ( $\lambda$ ) durch Änderung des dem Brenner (1) zugeführten Gas- und/oder Luftvolumenstroms auf einen Lambdasollwert  $> 1$  geregelt wird, dem ein Sollwert bis des Ionisationssignals entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß ein zugelassener Regelbereich (RB) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) festgelegt wird, dessen oberer Grenzwert ( $U_{io}$ ) kleiner als der Maximalwert ( $U_{im}$ ) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) ist, und dessen unterer, noch einen emissionsarmen Betrieb gewährleistender Grenzwert ( $U_{iu}$ ) über einem Endwert ( $U_{ie}$ ) liegt, bei welchem die Verbrennung nicht mehr emissionsarm ist, und daß von der Regelschaltung (7) ein Abschaltsignal für den Brenner erzeugt wird, wenn das Ionisationssignal ( $U_i$ ) länger als eine vorgegebene Zeitdauer den zugelassenen Regelbereich (RB) verläßt, und daß beim Unterschreiten des unteren Grenzwerts ( $U_{iu}$ ) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) und beim Unterschreiten des Sollwerts ( $U_{is}$ ) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) bei einem Lambdawert  $< 1$  infolge Mitkopplung der Regelschaltung (7) der Gasvolumenstrom erhöht bzw. der Luftvolumenstrom gedrosselt wird, und zwar bis zu dem Endwert ( $U_e$  bzw.  $U_{ie}$ ), bei welchem die Verbrennung nicht mehr emissionsarm ist und bei dessen Erreichen ein weiteres Abschaltsignal von der Regelschaltung (7) für den Brenner (1) erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Abschaltsignal die Regelschaltung (7) den Brenner (1) erneut startet und daß dann, wenn mehrmals nacheinander eine solche Regelabschaltung erfolgt, die Regelschaltung (7) eine Störabschaltung vornimmt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das die vorgegebene Zeitdauer bestimmende Zeitglied zurückgesetzt wird, wenn das Ionisationssignal ( $U_i$ ) innerhalb der vorgesehenen Zeitdauer in den Regelbereich (RB) zurückkommt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das weitere Abschaltsignal den Brenner (1) nach einer Verzögerungszeit abschaltet.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Endwert  $U_{ie}$  ein Maximalwert und/oder Minimalwert des Steuersignals (J) für das Gasmagnetventil (4) ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erreichen des Maximal- und Minimalwertes des Steuersignals (J) des Gasmagnetventils (4) dies elektronisch erfaßt, und der Brenner (1) durch Schließen eines Sicherheits-Gasventils (10) abgeschaltet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Startsignal für den Brenner (1) der Gasvolumenstrom bei konstanter Gebläsedrehzahl rampenförmig erhöht wird, bis der Brenner zündet und danach bis zum Ablauf einer vorgegebenen Sicherheitszeit (T) der Gasvolumenstrom konstant gehalten wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung (7) Regelabweichungen (d) oberhalb des Sollwerts des Ionisationssignals ( $U_{is}$ ) stärker ausregelt als Regelabweichungen unterhalb des Sollwerts des Ionisationssignals.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung (7) Regelabweichungen (d) erst ab einer bestimmten Größe weiterverarbeitet.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Steuersignal (J) für das Gasmagnetventil (4) ein Wechselanteil überlagert ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Erreichen eines oberen Schwellwerts ( $J_1$ ) des Steuersignals (J) die Regelschaltung (7) auf einen niedrigen Sollwert ( $U_{isn}$ ) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) umschaltet und danach bei Erreichen eines unteren Schwellwerts ( $J_2$ ) des Steuersignals (J) auf den vorherigen Sollwert ( $U_{is}$ ) des Ionisationssignals ( $U_i$ ) zurückschaltet.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung (7) in regelmäßigen Intervallen auf einen Kalibriervorgang für das Ionisationssignal ( $U_i$ ) umschaltet.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Kalibriervorgang das Steuersignal (J) für das Gasmagnetventil (4) zunächst auf einen für eine Vorerhitzung der Ionisationselektrode (5) geeigneten Wert gebracht wird und danach das Steuersignal (J) erhöht wird, bis der Maximalwert des Ionisationssignals ( $U_i$ ) durchfahren ist und der sich ergebende Wert zur Kalibrierung ausgewertet wird.

14. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung des Gasbrenners (1) ein an sich bekannter Steuerautomat (9) mit Sicherheitsventil (10) und Gasdruckwächter (11) vorgesehen ist, und daß die Regelschaltung (7) ein Gasmagnetventil (4) steuert und das von ihr erzeugte Abschaltsignal an den Steuerautomaten (9) gelegt ist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 1

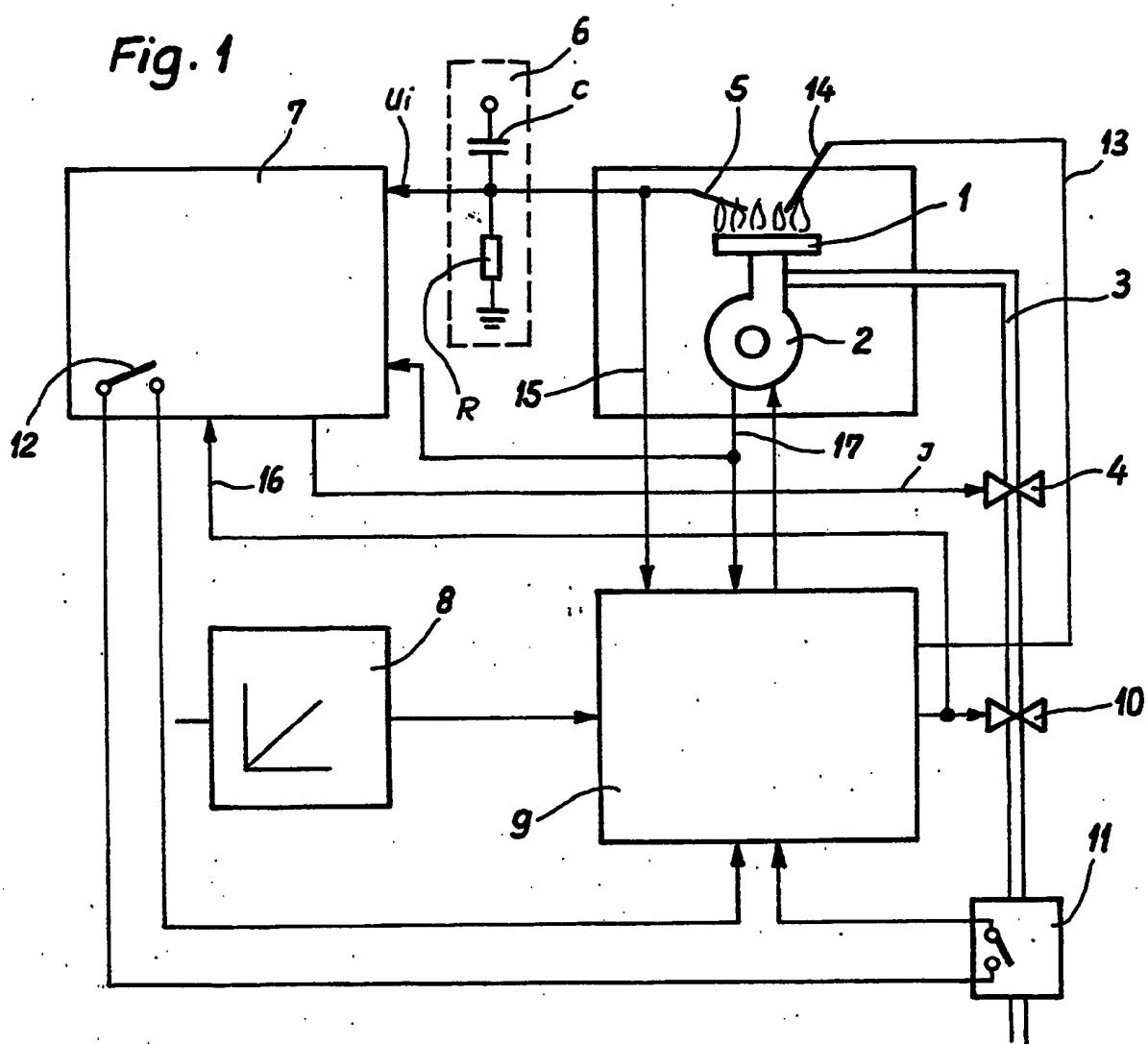


Fig. 2a

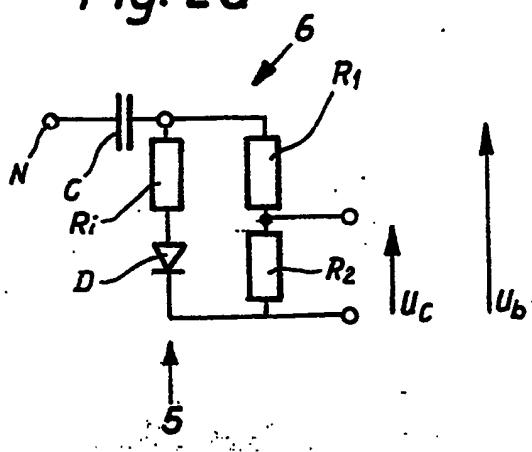


Fig. 2b

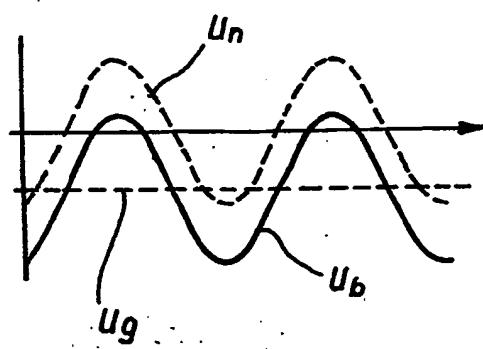


Fig. 3

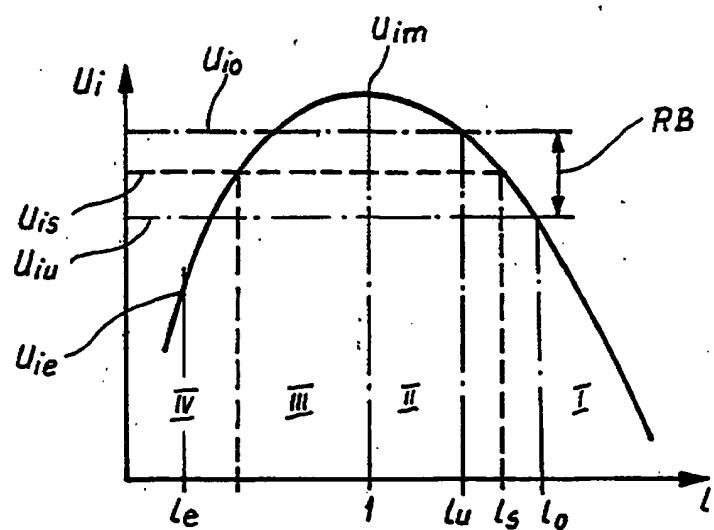


Fig. 4

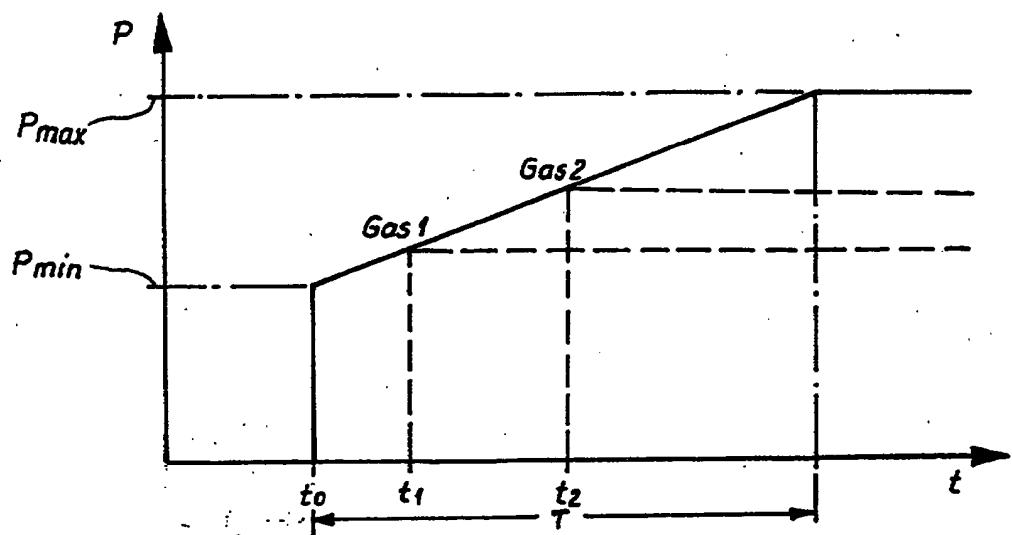


Fig. 5a

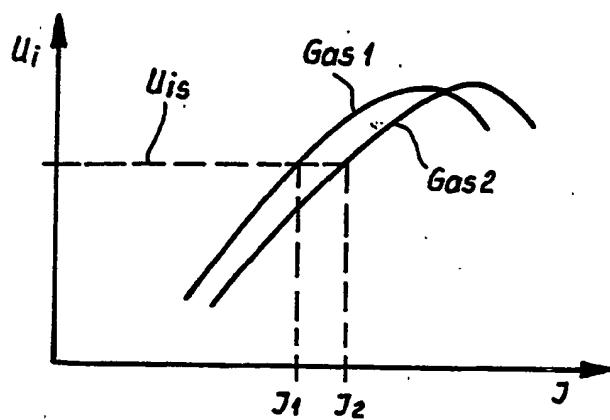


Fig. 5b

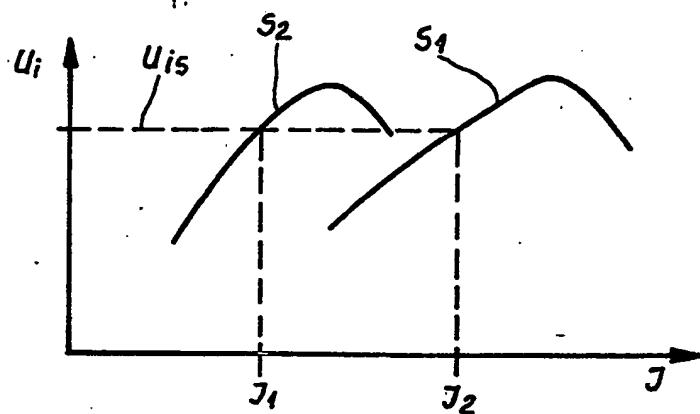


Fig. 6

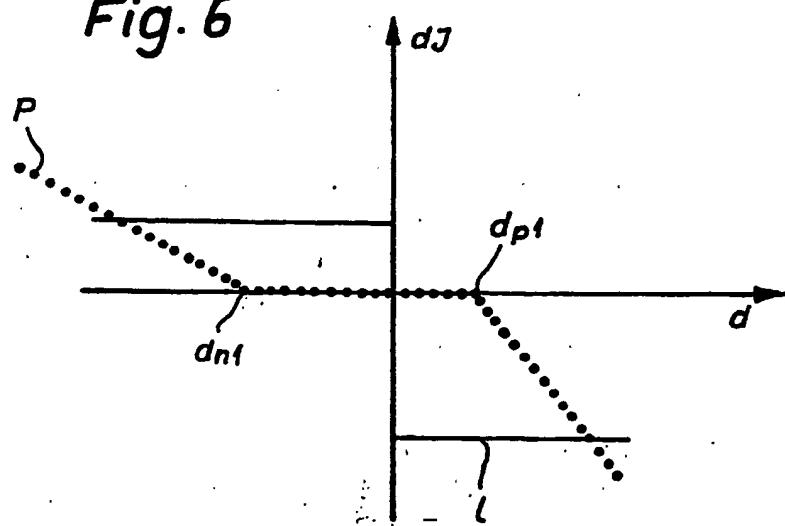


Fig. 7

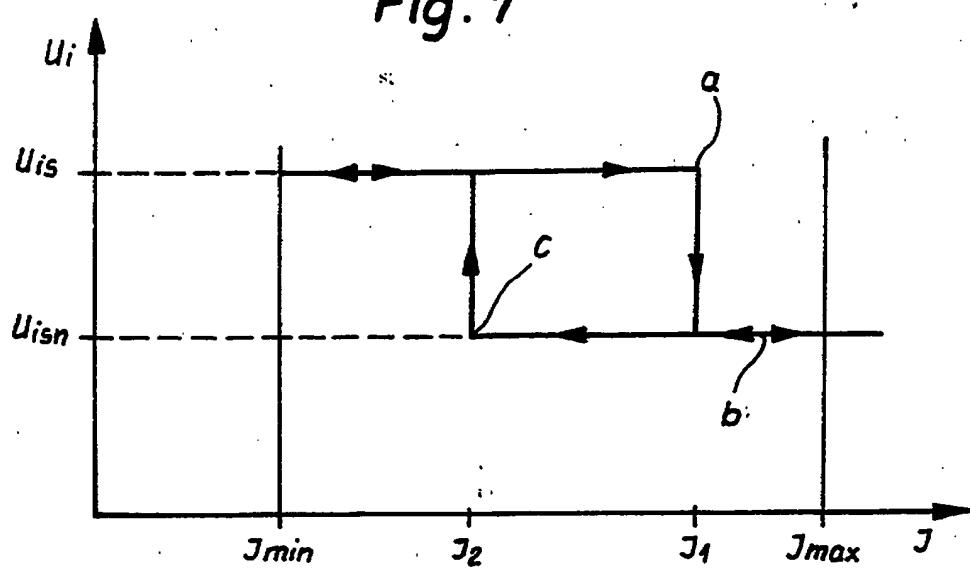


Fig. 8

